L'ÉQUILIBRE ACIDOBASIQUE



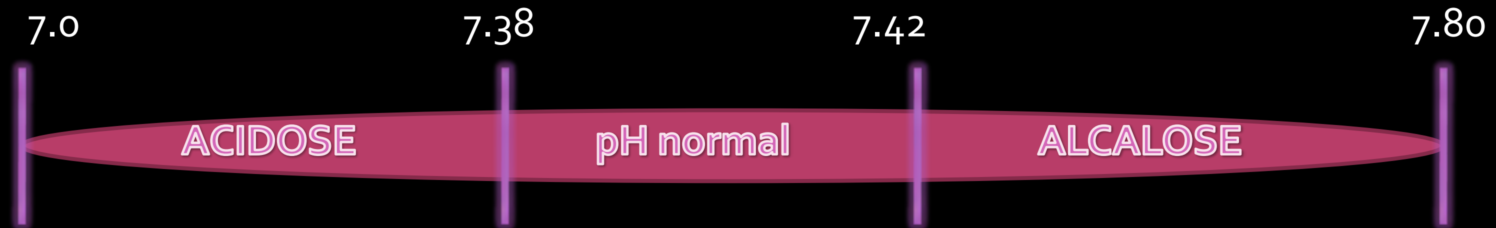


D

12 AVRIL 2016

Biochemestry

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES



pH : 7.10	[H+] = 80 nmol/L
pH : 7.30	[H+] = 50 nmol/L
pH : 7.40	[H+] = 40 nmol/L
pH : 7.52	[H+] = 30 nmol/L

Biochemestry

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Δ [H] → Modification de la charge des protéines

Δ [H] → Anomalies électrolytiques

Biochemestry

PRODUCTION QUOTIDIENNE D'ACIDES

ACIDES VOLATILS = 13000 – 15000 mmol/J

ACIDES FIXES = 50 – 100 mmol/J

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Tendance de l'organisme à l'acidification

Contre cette agression acide l'organisme oppose 3 lignes de défenses:

- **Les tampons chimiques**
- **Le poumon**
- **Le rein**

Biochemestry

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

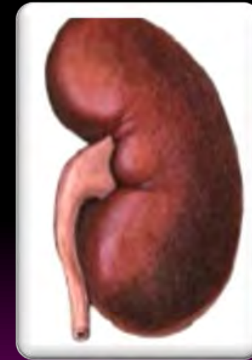






- forte concentration plasmatique;
- système intra et extracellulaire;
- système ouvert





Biochemestry

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Les autres systèmes tampons:

- ❖ **hémoglobine** (son pouvoir tampon est de 6 fois supérieur à celui des protéines plasmatiques).
- ❖ **protéines plasmatiques** **(albumine)**
- ❖ **phosphates**

Biochemestry

RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Rôle des poumons

- ***HYPERVENTILATION***
  (si pH diminue ou $PaCO_2$ augmente)

- ***HYPOVENTILATION***
  (si pH augmente ou $PaCO_2$ diminue)

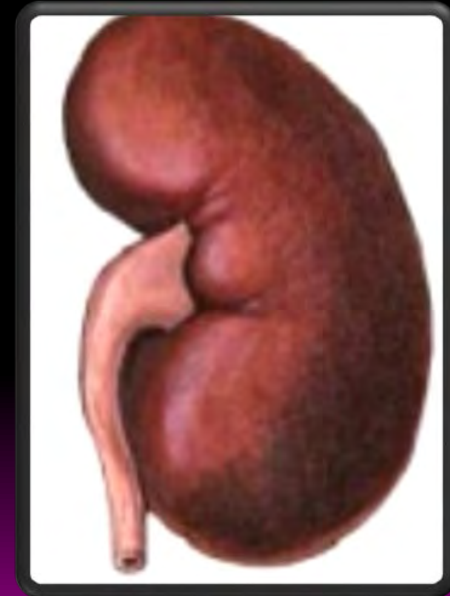


Biochemestry

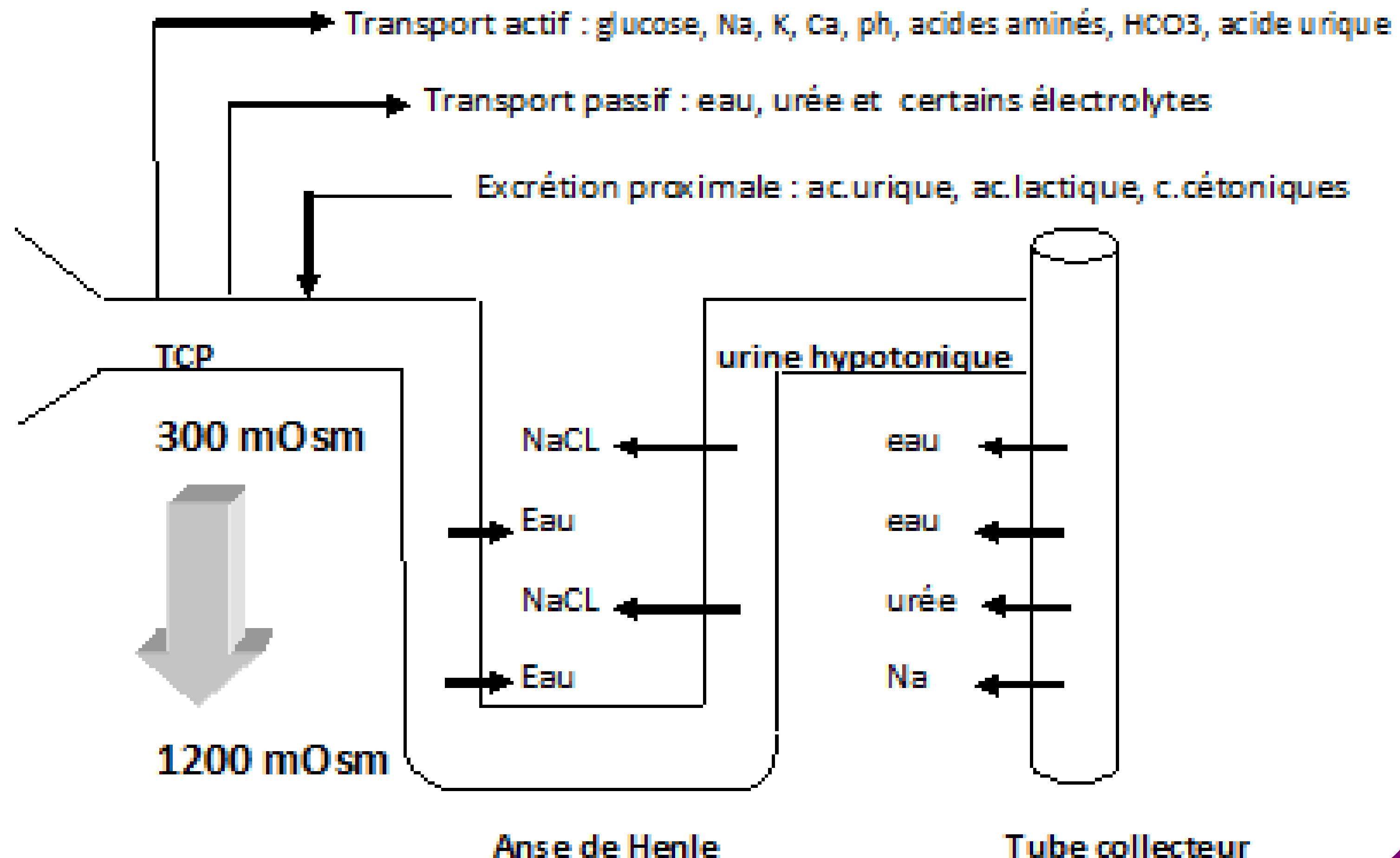
RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

Rôle du rein

- Réabsorption et régénération des bicarbonates;
- L'élimination des acides fixes sous forme :
  - acidité titrable;
  - ammonium

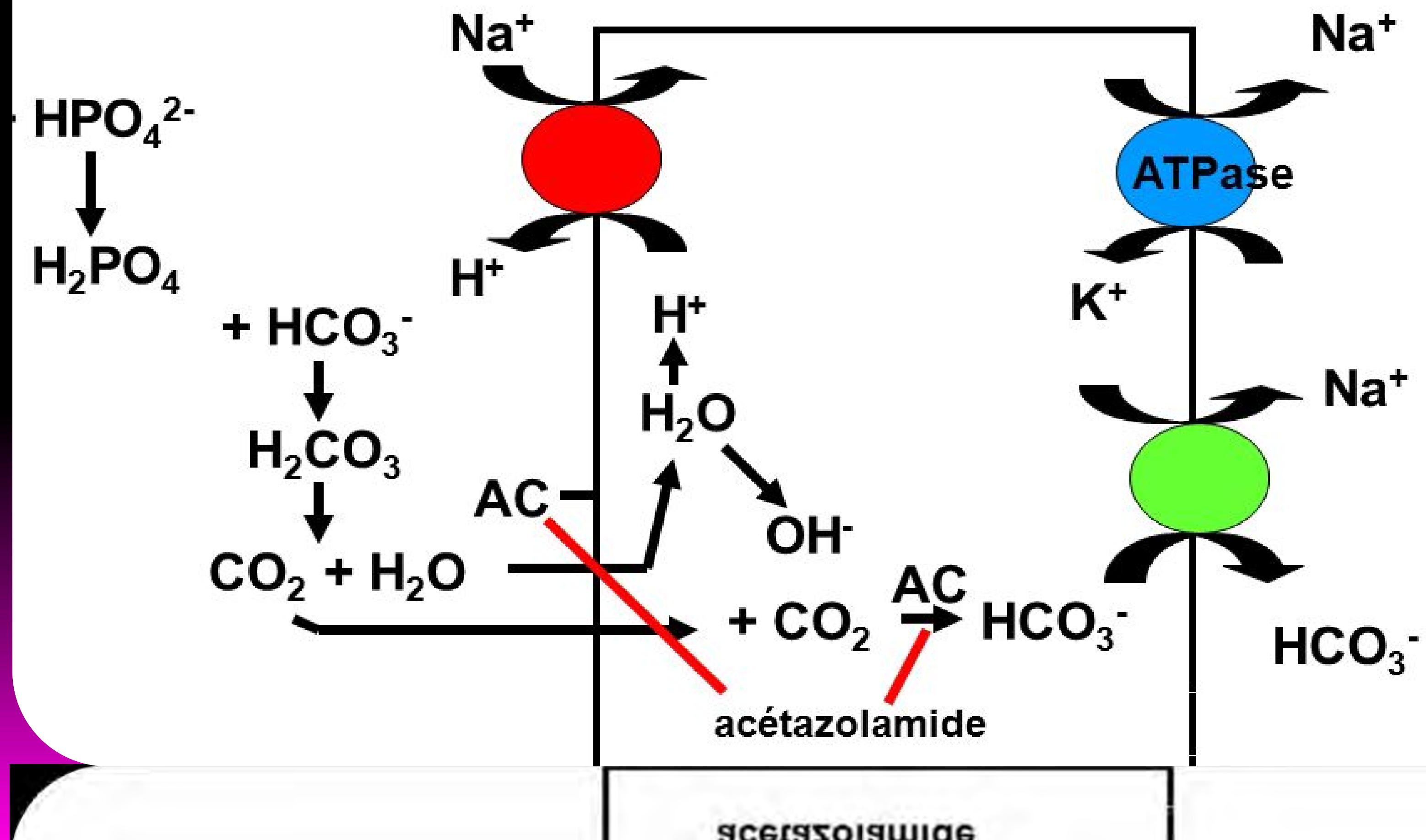


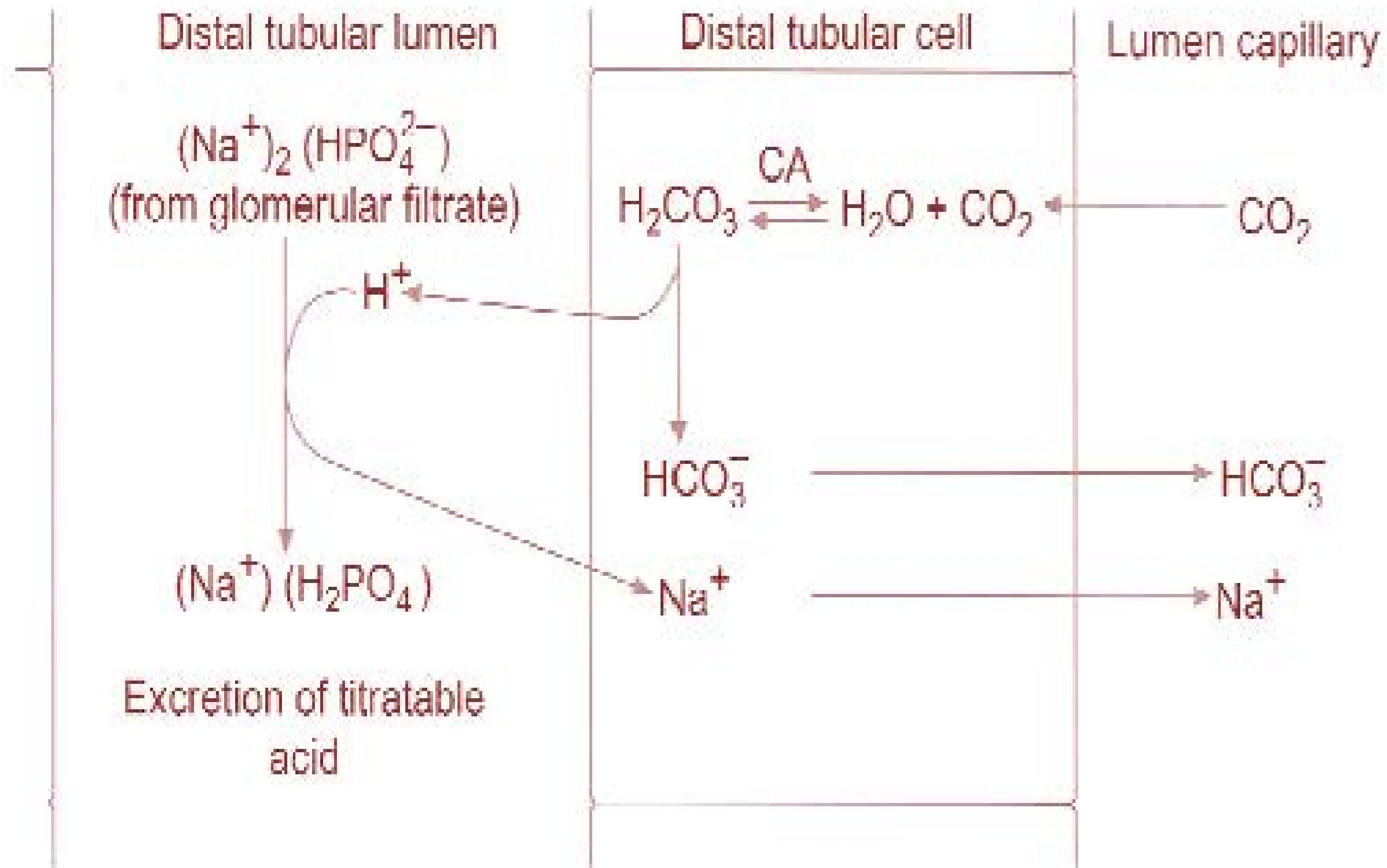
Biochemestry

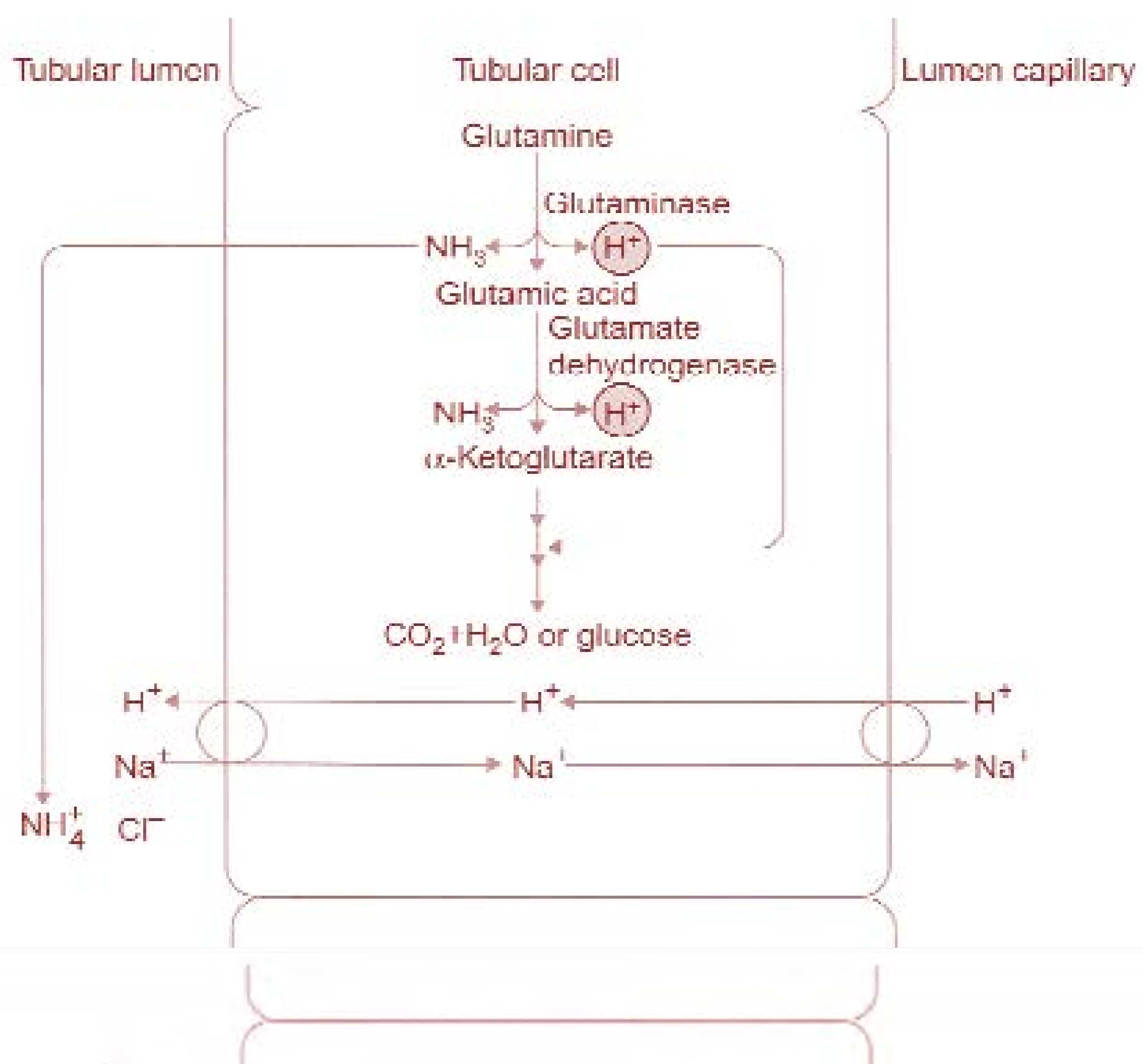

Transport actif : glucose, Na, K, Ca, ph, acides aminés, HCO3, acide urique
Transport passif : eau, urée et certains électrolytes
Excrétion proximale : ac.urique, ac.lactique, c.cétoniques
TCP
urine hypotonique
300 mOsm
1200 mOsm
NaCL
Eau
NaCL
Eau
eau
eau
urée
Na
Anse de Henle
Tube collecteur

5. Rôle du rein

- 5.3. Réabsorption des ions bicarbonates



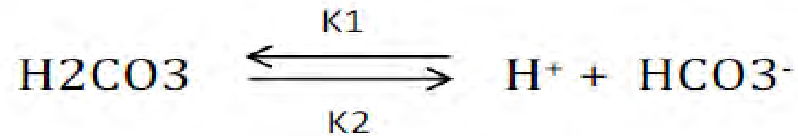

Distal tubular lumen
Distal tubular cell
Lumen capillary
$(Na^+)_2 (HPO_4^{2-})$
(from glomerular filtrate)
CA
H_2CO_3
$H_2O + CO_2$
CO_2
H^+
HCO_3^-
HCO_3^-
$(Na^+) (H_2PO_4)$
Na^+
Na^+
Excretion of titratable acid


Tubular lumen
Tubular cell
Lumen capillary
Glutamine
Glutaminase
NH_3
H^+
Glutamic acid
Glutamate dehydrogenase
NH_3
H^+
α-Ketoglutarate
$CO_2 + H_2O$ or glucose
H^+
H^+
H^+
Na^+
Na^+
Na^+
NH_4^+ Cl^-

ÉQUATION D'HENDERSON-HASSELBALCH

On pose par définition :

$$pH = -\log [H+]$$

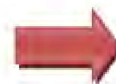


En appliquant la loi d'action de masse à cette réaction

$$K = \frac{[H+] x [HCO3]}{[H2CO3]} \Rightarrow [H+] = K \frac{[H2CO3]}{[HCO3]}$$

Les deux termes de la réaction sont multipliés par – log

$$-\log [H+] = -\log K - \log \frac{[H2CO3]}{[HCO3]}$$



$$pH = pK + \log \frac{[HCO3]}{[H2CO3]}$$

$$pH = pK + \log \frac{[HCO3]}{PaCO2 \ x \ \alpha}$$

pK = 6.1

HCO_3^- = 24 mmol/L

$PaCO_2$ = 40 mmHg

α = 0.03

EQUATION D'HENDERSON-HASSELBALCH

Métabolique

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{\alpha \times PaCO_2}$$

Respiratoire

Biochemestry

LES DÉSORDRES ACIDO-BASIQUES

Les acidoses (HCO_3^- ↓)

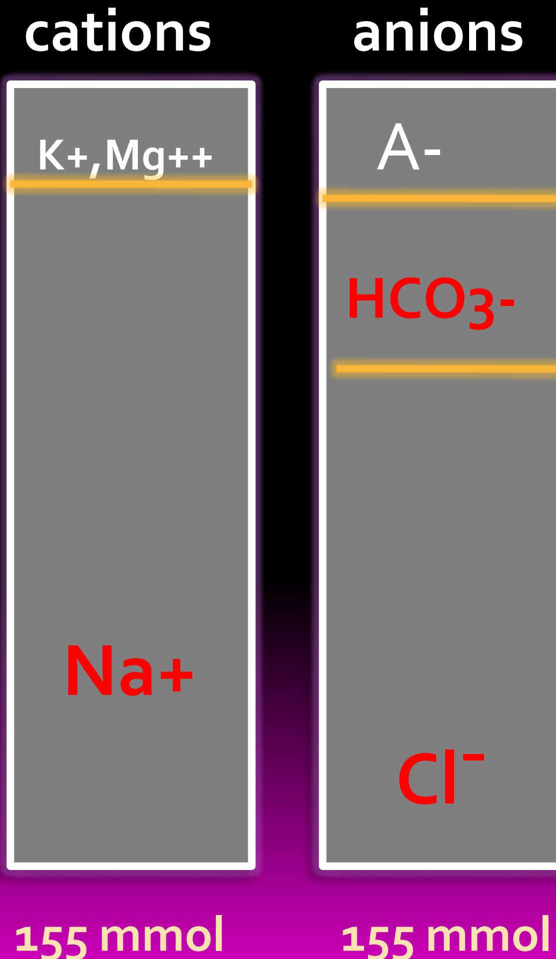
- **TA > 16 mmol/L :** accumulation d'anions organiques
- **TA < 16 mmol/L :** perte nette des bicarbonates

Les alcaloses (HCO_3^- ↗) ⇒ Toujours Cl^- ↘

Biochemestry

Classification des acidoses métaboliques

LE TROU ANIONIQUE



TA = $[Na^{+}] - [(Cl^{-}) + (HCO_3^{-})]$

VN = 14 ± 2 mmol/L

Biochemestry

LE TROU ANIONIQUE

LES ANIONS INDOSES = **les protéines plasmatiques, les phosphates, les sulfates, les anions organiques (corps cétoniques et lactates)**

Les protéines plasmatiques (albumine) sont la fraction majoritaire des anions indosés ≈ 10 mmol/L en charges négatives

En cas d'hypo albuminémie sévère il est impératif de corriger le trou anionique

$$TA_{corrigé} = TA_{observé} + 0.25\ (40 - albumine_{observée\ (g)})$$

Biochemestry

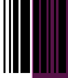
A		B		C	
Na^+	AO^-	Na^+	AO^-	Na^+	AO^-
	$HCO3^-$		$HCO3^-$		$HCO3^-$
	Cl^-		Cl^-		Cl^-



Alcaloses métaboliques

Paramètres	Valeurs normales	Acidose métabolique	Alcalose métabolique
pH	7.38 – 7.42	< 7.38	> 7.42
HCO_3^- (mmol/L)	22 - 26	< 22	> 26
$PaCO_2$ (mm Hg)	35 – 45	< 35	> 45
Estimation de la compensation		*($1.5 \times HCO_3^-$)+8 ±2*	*($0.7 \times HCO_3^-$) + 21*
K^+ (mmol/L)	3.5 – 5.0	Souvent hyperkaliémie. Certaines acidoses tubulaires sont hypokaliémiantes	Une hypokaliémie doit être recherchée systématiquement
Cl^- (mmol/L)	95 - 106	*normochlorémie si accumulation d'anions fixes *hyperchlorémie en l'absence d'accumulation d'anions fixes	Hypocholrémie proportionnelle à l'augmentation des bicarbonates

d'accumulation d'anions fixes bicarbonates
*hyperchlorémie en l'absence l'augmentation des
accumulation d'anions fixes proportionnelle à
Cl- (mmol/L) 95 - 106 *normochlorémie si Hypocholrémie
sont hypokaliémiantes systématiquement



Désordres Respiratoires

bleau 2. Tableau des variations biologiques au cours des anomalies respiratoires

Paramètres	Acidose respiratoire	Alcalose respiratoire
pH	< 7.38	>7.42
HCO3	↗ Une augmentation qui atteint rarement les 50 meq/L	↘ Sa chute atteint rarement les 15 meq/L
PaCO2	↗ Elle peut atteindre 80 mmHg	↘
K	-	Souvent bas
Cl	↘ Compense l'augmentation des $HCO3^-$	↗ Pour compenser la perte des $HCO3^-$

Approche mnémotechnique des DAB

pH ↓	CO_2 ↓	Acidose M
pH ↑	CO_2 ↑	Alcalose M
pH ↓	CO_2 ↑	Acidose R
pH ↑	CO_2 ↓	Alcalose R

CAS CLINIQUE

Un jeune adulte de 30 est hospitalisé en urgence pour hématémèse de moyenne abondance. L'interrogatoire objective des antécédents d'ulcère digestif traité médicalement.
A l'admission le malade est conscient, avec un état général conservé.

Le bilan biologique à l'admission n'objective aucune anomalie. La fibroscopie gastrique effectuée par le gastroentérologue objective un ulcère bulbaire hémorragique.

Un traitement médical antihémorragique à été préconisé. Ce dernier n'a eu aucun effet sur le saignement. En l'absence d'une intervention chirurgicale, et la persistance du saignement, l'état général du malade s'est altéré : perte de connaissance, polypnée et tachycardie à 105 b/mn.

Le bilan biologique effectué à ce moment montre :

pH: 7,30

PaCO2: 34 mmHg

HCO3- : 16 mmol/L

Acide lactique: 4 mmol/L VN (1 - 2.5)

Acide urique: 80 mg/L

Ht: 58%

Na^+: 136 mmol/L

K^+: 3 mmol/L

Cl^- : 100 mmol/L

urée sg : 0.95 g/L

créatinine sg: 15 mg/L

QUESTIONS

1. Interpréter les signes cliniques et le bilan biologique sus mentionnés.
2. De quel type d'insuffisance rénale s'agit-il ?
3. De quelle anomalie acido-basique s'agit-il ?
4. Quel est son mécanisme ?
5. L'un des paramètres biologiques est probablement faux lequel ?

Cas clinique N° 2

Chez un homme de 32 ans, sans antécédents pathologiques remarquables, et dont le poids habituel est de 68 Kg, une diarrhée fébrile s'installe brusquement au retour d'un voyage en zone d'endémie parasitaire. Après 24 heures d'une diarrhée profuse évaluée à plusieurs litres, l'examen lors de l'admission à l'hôpital note un rythme cardiaque régulier à 100 par minute pour une température de 38,2°C et une pression artérielle à 110 -70 mmHg. Les résultats de l'échantillon du sang artériel sont les suivantes:

pH : 7.34
$PaCO_2$: 30 mmHg
HCO_3^- : 16 mmoL/L
Sodium : 140 mmoL/L
Potassium : 2,8 mmoL/L
Chlore : 110 mmoL/L

Hématocrite : 55%
Protides : 81 g/L
Créatinine : 15 mg/L
Urée : 0.96 g/L

QUESTIONS

1. Interprétez le bilan susmentionné
2. De quelle anomalie acido basique s'agit-il? Dites pourquoi.
3. Quel est son mécanisme?
4. Un de ces examens est probablement faux dites pourquoi.

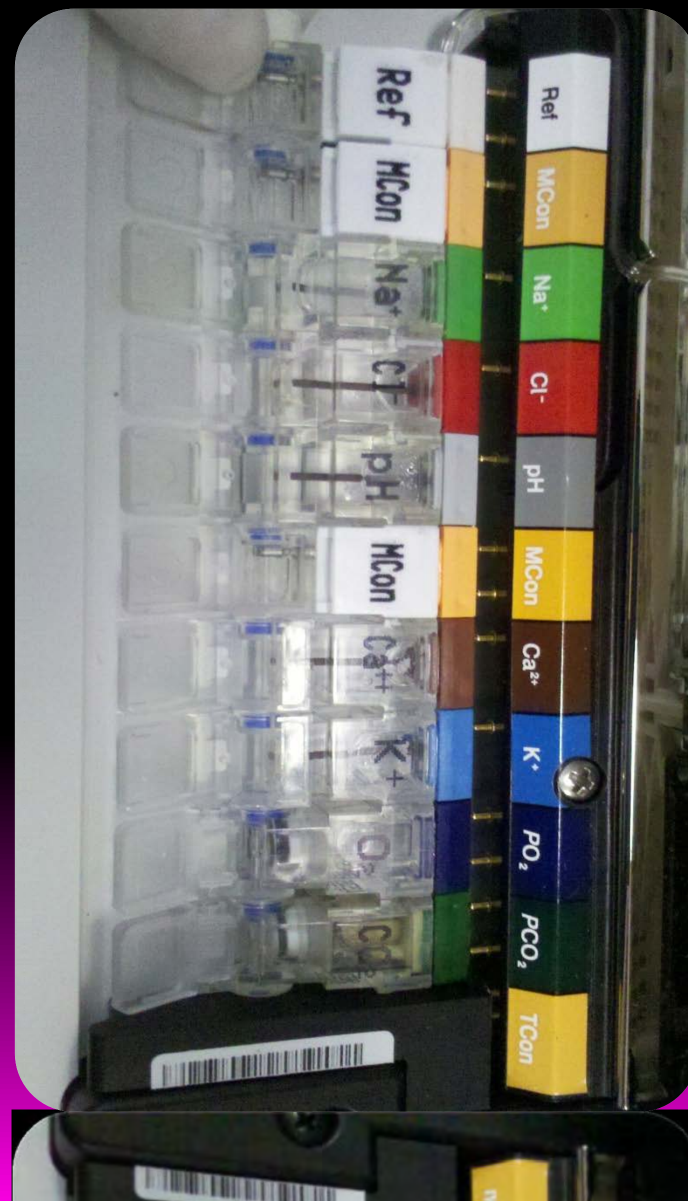
Prélèvements pour la gazométrie





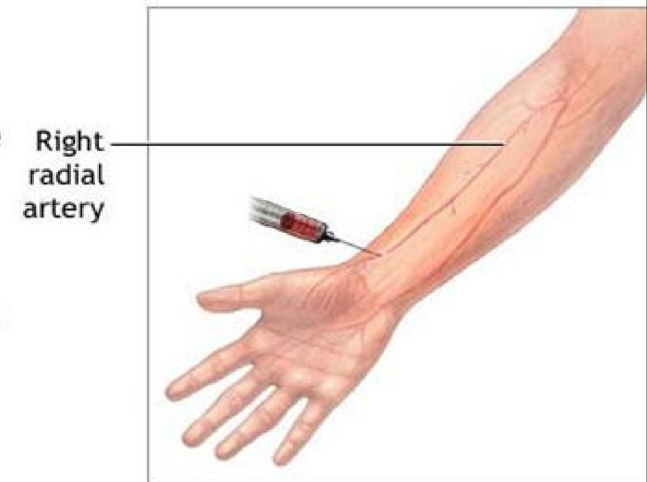





Ref
MCon
Na^+
Cl-
pH
MCon
Ca^{2+}
K^+
PO_2
PCO_2
TCon

Gaz du sang artériel

- Prélèvement de sang artériel, souvent retiré de l'artère radiale ou de l'artère fémorale
- Le sang est rapidement acheminé pour la mesure des gaz du sang artériel
- Le prélèvement est souvent transporté dans un bain de glace afin de réduire la consommation d'oxygène par les leucocytes





medi-bioche.yolasite.com

APPROCHE DE STEWART

Pour Stewart l'équilibre acide base dépend de 3 principaux facteurs qui sont indépendants :

- **$PaCO_2$**
- **SID (*strong ion difference*)**
- **Concentration des acides faibles non volatils (Atot)**

Biochemestry

APPROCHE DE STEWART

SID (strong ion difference)

le SID représente la différence entre la somme des cations forts (i.e. cations totalement dissociés quel que soit le pH) et la somme des anions forts.

SID = ($Na^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}$) – ($Cl^-$ + autres anions forts) = 40 ±2 meq/L

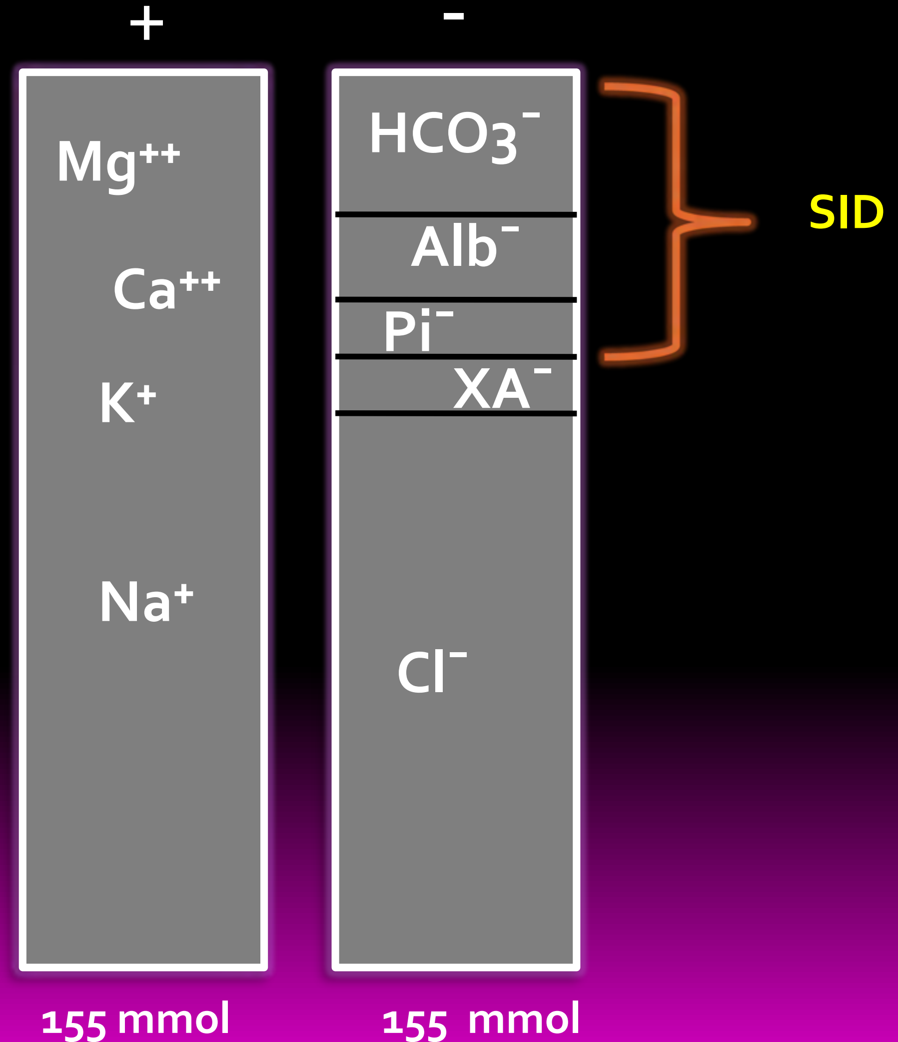
Les Autres anions forts désignés par XA- sont :
le lactate; corps cétoniques , aspirine , méthanol, les sulfates.

Biochemestry

APPROCHE DE STEWART

$SID = HCO_3^- + ALb^- + Pi^-$

Acides faibles non volatils



APPROCHE DE STEWART

Selon cette approche les désordres métaboliques s'expliquent par la variation du SID et des acides faibles non volatils.

$$SID = (Na^+ + K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}) - (Cl^- + XA^-) = 40 \pm 2 \text{ meq/L}$$

SID

Diminution

- Hyponatrémie
- Hyper chlorémie
- XA^- augmentés

} Acidose métabolique

Augmentation

- Hyper natrémie
- Hypo chlorémie

} Alcalose métabolique

Biochemestry

APPROCHE DE STEWART

La concentration de l'albumine et du phosphate inorganique sont assez importantes pour provoquer des désordres acido-basiques

Acidose métabolique

↑ [Alb]

↑ [Pi]

Acidose métabolique

↓ [Alb]

↓ [Pi]

Biochemestry

Classification des anomalies acido-basiques selon Stewart

	Acidoses	Alcaloses
Respiratoire	↗ $PaCO_2$	↘ $PaCO_2$
Métaboliques		
1. Anomalies du SID		
▪ Excès/déficit en eau	↓ SID , ↓ [Na]	↑ SID ↑ [Na]
▪ Excès/ déficit en Cl^-	↓ SID , ↑ [Cl]	↑ SID , ↓ [Cl]
▪ Excès en XA^-	↓ SID , ↑ [XA-]	-
2. Acides faibles non volatils		
▪ Albumine	↑ [Alb]	↓ [Alb]
▪ Phosphate inorganique	↑ [Pi]	↓ [Pi]

Biochemestry

Quelques exemples pratiques

ACID–BASE VARIABLES IN ARTERIAL BLOOD PLASMA

	Number Subjects* (*n* = 9)	Patients† (*n* = 152)
Measured quantities		
$[Na^+]$, mEq/L	142 ± 2	117–159
$[K^+]$, mEq/L	4.1 ± 0.3	2.3–6.8
[Ca], mmol/L‡	2.3 ± 0.1	1.1–2.6
[Mg, mmol/L‡	0.8 ± 0.05	0.4–1.3
$[Cl^-]$, mEq/L	106 ± 2	80–121
[Pi], mmol/L	1.0 ± 0.2	0.2–3.4
[TP], g/L	77 ± 4	28–94
[Serum albumin], g/L	44 ± 3	4–43
pH	7.422 ± 0.015	7.11–7.58
P_{CO_2}, mm Hg	38 ± 1.5	16–90
Derived quantities, mEq/L		
$[HCO_3]$	24.5 ± 0.5	12–39
$AG_{observed}$	16 ± 2	4–38
$AG_{adjusted}$	15 ± 2	5–42
BE_{pl}	+0.3 ± 0.5	−15–+14
BE_{ecf}	+0.3 ± 0.5	−18–+14
SID	39 ± 1	18–47
$[Cl^-]_{corrected}$§	106 ± 2	90–123
$[XA^-]$	8 ± 2	2–35
$[XA^-]_{corrected}$§	8 ± 2	2–37

Definition of abbreviations: $AG_{adjusted}$ = anion gap adjusted for abnormal albumin concentration = $AG_{observed}$ + 0.25 × ([normal albumin] − [observed albumin]) (12);

CONCLUSION

L'équation d'HH reste toujours valable dans l'étude des désordres simples qu'ils soient métaboliques ou respiratoires

L'approche de Stewart prend un grand intérêt dans l'analyse des désordres complexes avec une approche physiopathologique

Biochemestry